

KAJIAN RISIKO TSUNAMI TERHADAP BANGUNAN GEDUNG NON-HUNIAN DENGAN APLIKASI PJ DAN SIG DI KOTA PACITAN

Maulana Istu Pradika
maulanapradika@gmail.com

Nurul Khakhim
nrl_khakhim@yahoo.com

Abstract

The research was conducted at the Pacitan City which located very close to the Indian-Australian plate and the Eurasia plate. This study aims to 1) mapping the non-residential buildings, 2) identifying the parameters of the vulnerability of non-residential buildings to Tsunamis, 3) mapping the tsunami risk for non-residential buildings based on earthquake magnitude $M_w = 7.5$, $M_w = 8.0$ and $M_w = 8.5$.

The method used in this study is overlay analysis of non-residential buildings vulnerability maps and Tsunami hazard maps for the run-up height scenario.

Non-residential buildings in the study area has a high vulnerability due to the high index value to the type of floor opening, building floor number, and buildings orientation. While the type of non-residential buildings material in the study area has a low value because it uses a type of steel or reinforced concrete material. The highest Tsunami risk happened if the M_w is 8.5.

Keywords: non-residential building, vulnerability, hazard potential, Tsunami risk.

Abstrak

Penelitian ini dilakukan di Kota Pacitan yang mempunyai lokasi sangat dekat dengan daerah subdaksi Lempeng Indian-Australian dan Lempeng Eurasia. Penelitian ini bertujuan untuk 1) memetakan bangunan gedung non-hunian di Kota Pacitan, 2) mengidentifikasi parameter-parameter kerentanan bangunan gedung non-hunian terhadap Tsunami di Kota Pacitan, 3) memetakan risiko Tsunami terhadap bangunan gedung non-hunian berdasarkan skenario magnitudo gempa $M_w=7.5$, $M_w=8.0$ dan $M_w=8.5$.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu analisis tumpang-susun peta kerentanan bangunan gedung non-hunian dan peta bahaya Tsunami untuk skenario ketinggian run-up.

Bangunan gedung non-hunian di daerah penelitian memiliki kerentanan yang tinggi dikarenakan nilai indeks jenis pembukaan lantai, tingkat bangunan, dan orientasi bangunan terhadap garis pantai yang tinggi. Sedangkan jenis material bangunan gedung non-hunian di daerah penelitian memiliki nilai yang rendah karena menggunakan jenis material baja atau beton bertulang. Risiko Tsunami tertinggi terjadi jika magnitudo kejadian gempa (M_w) 8.5.

Kata kunci: bangunan gedung non-hunian, kerentanan, potensi bahaya, risiko Tsunami.

PENDAHULUAN

Kepulauan Indonesia terletak di kawasan yang merupakan pertemuan dari lempeng-lempeng bumi yang sangat aktif, yaitu Eurasia, Australia, Pasifik dan Filipina. Sehingga merupakan wilayah sangat rawan terhadap gempa tektonik. Gempa-gempa tersebut sebagian berpusat di dasar Samudra Hindia dan beberapa dapat memicu terjadinya gelombang laut yang besar yang disebut tsunami. Beberapa kawasan pesisir Indonesia yang sangat berpotensi terkena tsunami yaitu kawasan pesisir dari pulau-pulau yang menghadap ke Samudera Pasifik dan Samudera Hindia.

Kabupaten Pacitan merupakan salah satu kabupaten yang berada di Propinsi Jawa Timur dan berbatasan dengan Propinsi Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta dengan posisi antara 110°55'' – 111°25'' Bujur Timur dan 7°55'' – 8°17'' Lintang Selatan. Kabupaten Pacitan merupakan kota pantai selatan dan mempunyai lokasi yang sangat dekat dengan daerah subdaksi antara lempeng India-Australia dan lempeng Eurasia. Potensi sumber kejadian tsunami yang utama di kawasan ini adalah sistem penunjaman yang ada di hadapan kawasan-kawasan pesisir itu (Mardiatno, dkk, 2007).

Oleh karena itu, tata ruang kota Pacitan sekarang ini harus didasarkan pada kajian risiko Tsunami. Risiko adalah kemungkinan (*probability*) akibat negatif yang dapat timbul ketika bahaya (*hazard*) berinteraksi dengan daerah rentan, manusia, properti dan lingkungan. Risiko Tsunami dapat diartikan sebagai suatu kemungkinan akibat negatif yang dapat timbul ketika bahaya Tsunami terjadi, yang mempengaruhi terhadap elemen kerentanan manusia, dan properti.

Istilah bangunan gedung yang menjadi *element at risk* pada penelitian ini mengacu pada UU No. 28 tahun 2002. Penelitian ini mengkaji risiko Tsunami terhadap bangunan gedung non-hunian berdasarkan magnitudo gempa $M_w=7.5$; $M_w=8.0$; dan $M_w=8.5$. Penelitian ini mempertimbangkan skenario tersebut dan diharapkan dapat mewakili kejadian bencana Tsunami yang akan datang di Pacitan. Skenario waktu terjadinya tsunami pada penelitian ini adalah pada siang hari,

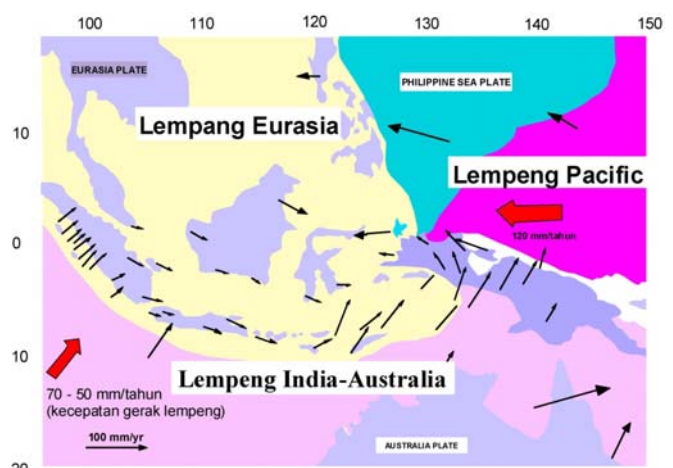
sehingga diasumsikan konsentrasi penduduk berada di bangunan gedung non-hunian. Dimana sebagian besar penduduk pada siang hari melakukan kegiatan perekonomian dan pendidikan. Fokus penelitian ini adalah mengetahui risiko tsunami, dimana bangunan gedung non-hunian diambil sebagai objek. Harapannya model ini dapat digunakan pada penelitian serupa dengan objek yang berbeda.

Secara spesifik tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memetakan bangunan gedung non-hunian di Kota Pacitan dengan aplikasi PJ dan SIG.
2. Mengidentifikasi parameter-parameter kerentanan bangunan gedung non-hunian terhadap Tsunami di Kota Pacitan.
3. Memetakan risiko Tsunami terhadap bangunan gedung non-hunian berdasarkan magnitudo gempa $M_w=7.5$; $M_w=8.0$ dan $M_w=8.5$ di Kota Pacitan.

Tsunami berasal dari bahasa Jepang *tsu* = pelabuhan, dan *nami* = gelombang. Secara singkat tsunami dapat dideskripsikan sebagai gelombang laut dengan periode panjang yang ditimbulkan oleh suatu gangguan impulsif yang terjadi pada medium laut, seperti terjadinya gempa bumi, erupsi vulkanik, atau oleh *land-slide* (longsoran).

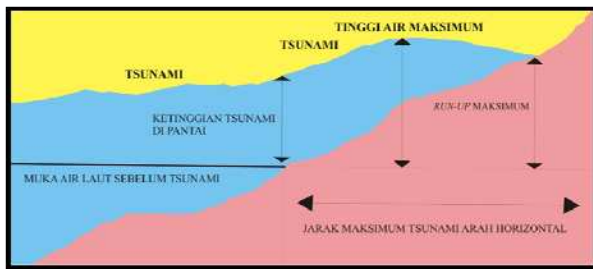
Tsunami yang terjadi di Indonesia, sebagian besar disebabkan oleh gempa-gempa tektonik.



Gambar Peta tektonik aktif Indonesia (Natawijaya, 2007)

Run-up adalah tinggi maksimum tsunami di daratan yang diukur dari permukaan laut (CDIT, 2007). *Run-up* gelombang sama dengan elevasi tertinggi, diukur dari SWL (*still*

water level), yang dapat dicapai oleh lidah gelombang di lereng pantai.



Gambar Run-up Tsunami (Diposaptono dan Budiman, 2008)

Run-up Tsunami adalah jarak vertikal antara ketinggian maksimum yang dicapai oleh gelombang pada pantai dan rata-rata permukaan muka air laut (Pararas-Carayannis, 2000). Apabila gelombang Tsunami bukan merupakan gelombang pecah, maka ketinggian *run-up* kira-kira sama ketinggian asalnya. Akan tetapi apabila gelombang Tsunami merupakan gelombang pecah (gelombang *bore* atau *surge*), maka energi kinetik yang tersimpan akan mengubah ketinggian *run-up* semakin besar dan membentuk ombak berputar (Anonymous, 2000).

Luas daerah patahan dan besaran gempa bumi mempunyai kaitan yang erat untuk menentukan parameter karakteristik skala Tsunami (Carpenter, 2005).

Tabel Hubungan antara Magnitudo Gempabumi dan Ketinggian *Run-up* Tsunami.

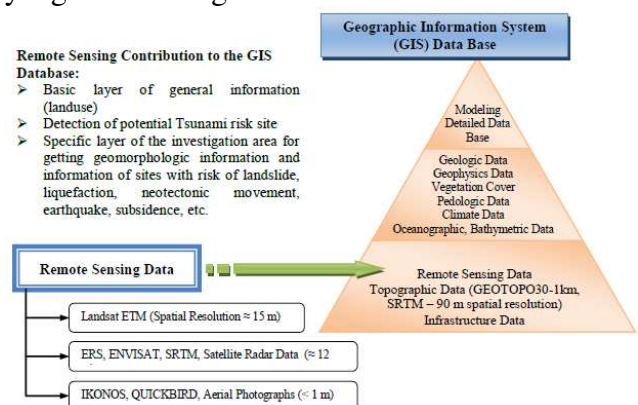
No	Magnitudo Gempabumi (skala Richter)	Maksimum <i>run-up</i> gelombang (meter)
1.	<6	<0,5
2.	6-7	0,5-1,5
3.	7-8	1,5-6,0
4.	>8	>6,0

Sumber: Carpenter (2005)

Menurut Kerle et al. (dalam Putra, 2008), Penginderaan Jauh (PJ) dan Sistem Informasi Geografi (SIG) merupakan suatu teknologi yang sangat baik untuk manajemen pengumpulan, pengolahan dan analisis geospasial data. PJ-SIG merupakan 2 komponen yang tidak bisa dipisahkan.

Kerle et al. (dalam Putra, 2008) mendefinisikan Penginderaan Jauh (PJ) sebagai suatu mengukur ataupun mendapatkan suatu

informasi dari suatu objek atau fenomena dengan suatu peralatan perekam yang tidak secara fisik atau kontak dekat dengan objek tersebut. Dalam prakteknya, aplikasi PJ menggunakan beberapa peralatan dengan suatu jarak yang jauh untuk mengumpulkan informasi tentang lingkungan tersebut. Menurut By (2004), Sistem Informasi Geografi (SIG) adalah suatu perangkat pengelolaan database yang berbasis komputer untuk pemetaan dan analisis fenomena alam. Dengan teknologi SIG, pemaduan beberapa jenis peta dasar dapat dilakukan. Hal ini sangat berguna untuk suatu analisis peristiwa-peristiwa alam yang terkait dengan bencana.



Gambar 2.5. Kontribusi Penginderaan Jauh terhadap Sistem Informasi Bencana Tsunami (Theilen-Willige, 2006)

Bahaya dan kerentanan merupakan bagian dari kajian risiko. Kajian risiko (*risk assessment*) adalah suatu proses untuk menentukan perilaku dan gejala risiko dengan menganalisa potensi bencana terhadap kerentanan yang ada di mana kondisi tersebut dapat menyebabkan kerugian dan kerusakan baik pada manusia, harta benda, lingkungan fisik maupun sosial (UNISDR dalam Putra, 2008).



Gambar Diagram Risiko, Bahaya dan Kerentanan (CRATER, 2005)

Analisis risiko Tsunami terhadap bangunan gedung non hunian dapat dilakukan

dengan menggunakan Persamaan dalam Latief (2007, dalam Putra 2008) berikut ini:

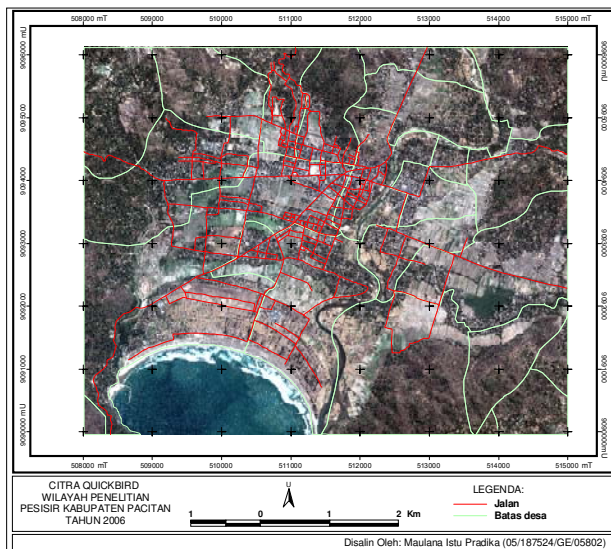
$$Risk = f(H, V)$$

Risk = Indeks Risiko Tsunami
H = Potensi bahaya Tsunami
V = Kerentanan objek

METODE PENELITIAN

Data primer diperoleh dari pengambilan data langsung di lapangan sedangkan data sekunder diperoleh dari pihak-pihak terkait. Data-data yang diperoleh tersebut merupakan data mentah, seperti data potensi bahaya Tsunami, dan data citra. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi alat-alat lapangan dan alat-alat laboratorium.

No	Alat/Bahan
1	Citra Quickbird
2	Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000
3	Peta bahaya Tsunami berdasarkan magnitude gempa Mw=7.5; Mw=8.0; Mw=8.5
4	Global Positioning System (GPS)
5	Software ArcGIS versi 9.2
6	Kamera
7	Printer



Gambar Citra Quickbird Pesisir Pacitan

Sebelum melakukan survei di lapangan interpretasi bangunan gedung non-hunian melalui citra Quickbird.

a. Rona

Melalui citra dapat dilihat warna yang menggambarkan warna atap suatu bangunan gedung.

b. Bentuk

Atap bangunan gedung non-hunian mempunyai bentuk yang sistematis dan cenderung membentuk persegi empat atau kombinasi keduanya. Mempunyai area parkir yang cukup luas untuk parkir kendaraan bermotor.

c. Tekstur

Tekstur tergantung dari jenis atap yang digunakan pada bangunan gedung tersebut. Untuk penutup atap seng dan genteng, tekstur atap cenderung membentuk garis tegak lurus terhadap garis tepi atap. Untuk penutup atap beton cor terlihat polos.

d. Bayangan

Bayangan atap yang dihasilkan dari citra cenderung gelap. Hal ini disebabkan atap mempunyai ketinggian terhadap permukaan dasar

e. Lokasi

Bangunan gedung non-hunian berlokasi di kawasan yang dihubungi dengan jaringan jalan arteri, jalan kolektor dan jalan lokal yang sistematis.

f. Asosiasi

Bangunan gedung non-hunian cenderung membentuk suatu kelompok yang terdiri lebih dari 1 bangunan, sehingga saling berhubungan jarak yang berdekatan antara bangunan gedung yang satu dengan bangunan gedung yang lainnya.

Dalam interpretasi penginderaan jauh, uji akurasi interpretasi sangat penting untuk dilakukan. Akurasi dari interpretasi merupakan salah satu faktor ketelitian data. Penggunaan lahan yang diperoleh dari data Quickbird yang direkam dari 2006 sampai 2010 mungkin telah mengalami perubahan.

Kerja lapangan ini dilakukan untuk mengamati bangunan gedung non-hunian dan pengumpulan data struktur bangunan. Kerja lapangan dilakukan berdasarkan peta hasil interpretasi bangunan gedung non-hunian dengan penginderaan jauh. Saat di lapangan, komponen yang diambil sebagai data struktur mencakup:

a. Posisi bangunan

Lokasi/posisi bangunan disesuaikan dengan data input bangunan ke dalam GPS. Hal ini dilakukan untuk presisi bangunan yang diambil datanya.

b. Material bangunan

Pengamatan di lapangan terhadap material bangunan dilakukan berdasarkan 3 kategori, yaitu: material beton/baja bertulang, beton+kayu, dan kayu.

c. Kondisi lantai dasar

Pengamatan di lapangan terhadap kondisi lantai dasar bangunan dilakukan berdasarkan 3 kategori, yaitu: bangunan pembukaan pada lantai dasar tanpa objek bergerak, bangunan pembukaan pada lantai dasar dengan objek bergerak, dan bangunan tanpa pembukaan pada lantai dasar.

d. Tingkat bangunan

Tingkat bangunan gedung hunian sebelumnya dilakukan dengan interpretasi citra berdasarkan panjang bayangan. Survei lapangan terhadap tingkat bangunan gedung hunian sekaligus dilakukan untuk verifikasi hasil interpretasi citra.

e. Orientasi bangunan

Penentuan orientasi bangunan gedung non-hunian diidentifikasi dari citra satelit. Penentuan orientasi bangunan dilihat dari sisi terpanjang bangunan gedung non-hunian, dan diamati kecenderungannya terhadap garis pantai. Untuk memudahkan identifikasi orientasi bangunan terhadap garis pantai, digunakan arsiran garis yang sejajar garis pantai seluas daerah penelitian.

Analisis kerentanan bangunan gedung non-hunian di daerah penelitian memerlukan data survei lapangan. Data survei tersebut selanjutnya diinput ke dalam database *element at risk* dengan bantuan software ArcGIS. Software ArcGIS digunakan untuk membuat suatu database parameter-parameter kerentanan bangunan gedung terhadap Tsunami. Selanjutnya dilakukan analisis kerentanan bangunan terhadap Tsunami.

Analisis kerentanan bangunan gedung terhadap Tsunami dilakukan berdasarkan analisis multi kriteria (CRATER, 2005), yaitu dengan diberikan suatu nilai indeks satu sampai dengan lima. Penilaian indeks kerentanan bangunan gedung non-hunian terhadap elemen-elemen yang meliputi:

1. Material bangunan (MB);
2. Kondisi lantai dasar (LD);
3. Jumlah tingkat bangunan (TB);
4. Orientasi bangunan terhadap garis pantai (OB).

Pemberian nilai terhadap elemen-elemen kerentanan, dibatasi antara nilai 1 sampai dengan 5, dimana nilai 5 merupakan nilai maksimum yang diberikan terhadap *element at risk* dari kerentanan bangunan terhadap bahaya Tsunami. Setelah pemberian nilai tersebut ke dalam individual elemen bangunan maka selanjutnya diberikan penilaian pembobotan kerentanan Tsunami terhadap bangunan gedung. Pemberian nilai pembobotan kerentanan Tsunami berdasarkan kerusakan bangunan gedung akibat genangan.

Tabel Penilaian Elemen Kerentanan Tsunami untuk Masing-masing Parameter

No.	Variabel elemen	Nilai pada variabel elemen				
		= 1	= 2	= 3	= 4	= 5
1.	MB	Baja/Beton bertulang	-	Beton + kayu	-	Kayu
2.	LD	Pembukaan pada lantai dasar tanpa objek yang bergerak	-	Pembukaan pada lantai dasar dengan objek yang bergerak	-	Tanpa pembukaan pada lantai dasar
3.	TB	5 tingkat	4 tingkat	3 tingkat	2 tingkat	1 tingkat
4.	OB	Sisi panjang bangunan tegak lurus terhadap garis pantai	Sisi panjang bangunan membentuk sudut $\geq 60^\circ$ terhadap garis pantai	Sisi panjang bangunan membentuk sudut $< 60^\circ$ dan $> 30^\circ$ terhadap garis pantai	Sisi panjang bangunan membentuk sudut $\leq 30^\circ$ terhadap garis pantai	Sisi panjang bangunan paralel dengan garis pantai

Sumber: Putra (2008)

Perhitungan kerentanan secara jelas dapat dilihat pada persamaan dalam Putra (2008).

$$V = 0,256 (MB) + 0,378 (LD) + 0,233 (TB) + 0,133 (OB)$$

Mardiatno (2008) telah melakukan perhitungan potensi bahaya Tsunami dengan menggunakan software TUNAMI dari Fumihiko Imamura (*Disaster Control Research Center, Tohoku University*). Untuk memodelkan potensi bahaya Tsunami, Mardiatno (2008) menggunakan simulasi numerik. Parameter yang sama juga telah digunakan untuk Tsunami Jawa pada Juli 2006. Parameter-parameter tersebut adalah panjang patahan, lebar patahan dan dislokasi. Simulasi oleh Mardiatno menggunakan magnitudo

kejadian gempa (Mw) 7.5; 8.0; 8.5 dan menggunakan episentrum 111,0 E – 9,5 S.

Skenario bahaya dapat juga dihasilkan dengan melihat pada variasi run-up ketika elevasi pesisir dapat diidentifikasi sebagai run-up Tsunami mendekati daratan. Mardiatno (2008) mengklasifikasikan ketinggian run-up ke dalam tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Tabel Klasifikasi Ketinggian Run-up

No.	Run-up	Klasifikasi
1	≤5m	Rendah
2	>5m – 9m	Sedang
3	>9m – 12m	Tinggi

Sumber: Mardiatno (2008)

Tabel Klasifikasi Bahaya Tsunami

No	Kedalaman genangan (m)	Potensi bahaya	Skor
1	>0 – 0.25	Sangat rendah	1
2	>0.25 – 0.50	Rendah	2
3	>0.50 – 1.00	Sedang	3
4	>1.00 – 2.00	Tinggi	4
5	>2.00	Sangat tinggi	5

Sumber: Mardiatno (2008)

Risiko merupakan fungsi dari bahaya dan kerentanan. Penerapan pada kasus ini adalah jika bangunan-bangunan yang ada memiliki nilai skor 5 untuk tingkat kerentanannya namun bangunan tersebut tidak tergenangi, hal ini berarti sebenarnya tidak ada resiko. Namun jika skor total kerentanan bangunan 1 namun tergenang lebih dari 2 meter maka berarti bangunan tersebut berisiko tinggi untuk dijadikan lokasi evakuasi.

Tabel Indeks Perhitungan Risiko Tsunami

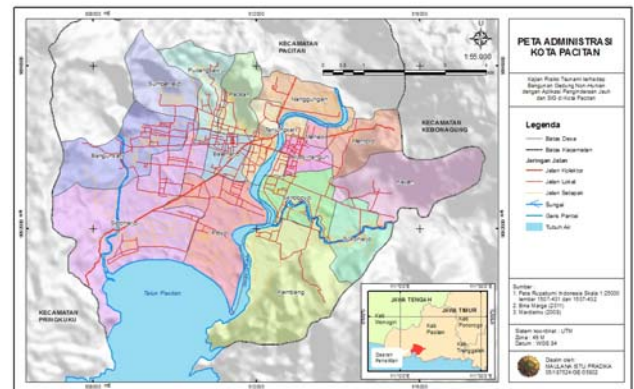
Skor potensi bahaya	Skor kerentanan				
	1	2	3	4	5
1	2 (SR)	3 (SR)	4 (R)	5 (R)	6 (S)
2	3 (SR)	4 (R)	5 (R)	6 (S)	7 (T)
3	4 (R)	5 (R)	6 (S)	7 (T)	8 (I)
4	5 (R)	6 (S)	7 (T)	8 (I)	9 (ST)
5	6 (S)	7 (T)	8 (I)	9 (ST)	10 (ST)

Sumber: Sekarsih (2008)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Wilayah penelitian meliputi Desa Sumberejo, Pacitan, Nanggungan, Mentoro, dan Kayen di bagian utara. Di bagian tengah terdapat Desa Bangunsari, Baleharjo, Tanjungsari, Menadi, Arjowinangun, Simoboyo, Sukoharjo. Di bagian selatan terdapat Desa Sidoharjo, Ploso, dan Kembang. Sebagian besar wilayah Pacitan berada pada dataran rendah berupa deposit alluvium sungai.

Akan tetapi, di bagian selatan, dipengaruhi oleh aktivitas marin dan berbentuk pegunungan atau perbukitan.



Peta Administrasi Kota Pacitan

Identifikasi bangunan gedung di daerah penelitian dapat dilakukan dengan interpretasi citra resolusi tinggi. Pemisahan antara bangunan gedung hunian dan bangunan gedung non-hunian di daerah penelitian dilakukan dengan identifikasi tipologi bangunan gedung non-hunian.

Tabel Uji Akurasi pada Citra Quickbird

PL	Bangunan Gedung Hunian	Bangunan Gedung Non Hunian	Jumlah	Omissi	Komisi
Bangunan Gedung Hunian	220	12	232	5,17%	6,47%
Bangunan Gedung Non Hunian	15	335	350	4,28%	3,43%
Jumlah	235	347	582		

Sumber: Analisis data (2012)

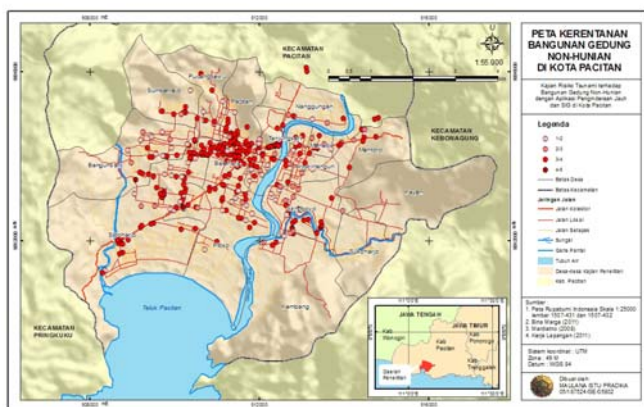
$$\begin{aligned}
 \text{Ketelitian interpretasi} &= \frac{\text{jumlah interpretasi yang benar}}{\text{jumlah keseluruhan objek di lapangan}} \\
 &= (555/582) \times 100\% \\
 &= 94,84\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan observasi lapangan, bangunan gedung non-hunian yang ada di daerah penelitian mencakup masjid, sekolah, kantor, toko, dan gudang.

Tabel Jumlah bangunan gedung non-hunian berdasarkan kriteria kerentanan (Analisis Data, 2012)

No	Item	Kriteria	Jumlah
1.	Material	Beton bertulang	339
		Beton+Kayu	11
		Kayu	0
Total			350
2.	Kondisi Lantai	Pembukaan lantai tanpa objek bergerak	90
		Pembukaan lantai dengan objek yang bergerak	1
		Tanpa pembukaan lantai	259
Total			350
3.	Tingkat	5 tingkat	0
		4 tingkat	1
		3 tingkat	2
		2 tingkat	64
		1 tingkat	283
Total			350
4.	Orientasi	Sisi panjang bangunan tegak lurus dengan garis pantai	141
		Sisi panjang bangunan membentuk sudut $\geq 60^\circ$ dengan garis pantai	31
		Sisi panjang bangunan membentuk sudut $< 60^\circ$ dan $> 30^\circ$ dengan garis pantai	80
		Sisi panjang bangunan membentuk sudut $\geq 30^\circ$ dengan garis pantai	28
		Sisi panjang bangunan paralel dengan garis pantai	70
Total			350

Berdasarkan hasil analisis kerentanan, bangunan gedung non-hunian yang terdapat di Pesisir Pacitan 1% mempunyai kerentanan sangat tinggi, 72% mempunyai kerentanan tinggi, 11% mempunyai kerentanan sedang, dan 16% mempunyai kerentanan rendah. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar bangunan gedung non-hunian di Pesisir Pacitan mempunyai kerentanan yang tinggi untuk mengalami kerusakan akibat gelombang Tsunami. Kerentanan bangunan gedung non hunian ini dapat berupa kehancuran struktur bangunan maupun kehancuran akibat genangan.



Peta Kerentanan Bangunan Gedung Non-Hunian di Pacitan

Berdasarkan pemodelan genangan Tsunami dan perhitungan potensi bahaya menggunakan magnitudo kejadian gempa (Mw) 7.5; 8.0; dan 8.5 dapat dianalisis potensi bahaya Tsunami di Kota Pacitan. Dari pemodelan tersebut diperoleh kedalaman genangan yang kemudian diklasifikasikan

menjadi potensi bahaya. Potensi bahaya tersebut kemudian dinilai (skoring) untuk menentukan taksiran risiko.

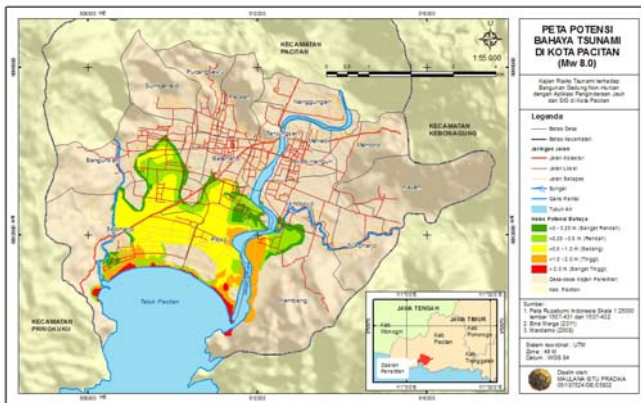
Sebesar 62,8% dari total administrasi wilayah Pacitan merupakan daerah dataran rendah. Garis pantai di Pacitan berupa teluk dimana dinamika gelombang sangat kompleks. Proses pendangkalan, refraksi (pembelokan gelombang), defraksi (pematahan gelombang karena terhalang dinding bercelah sempit) dan pemantulan akan mempengaruhi ketinggian pola puncak gelombang di area pantai. Gelombang juga “terjebak” di dalam area pantai yang dapat menimbulkan dampak yang lebih buruk pada pantai.

Kejadian gempa sebesar 7.5 belum menyebabkan potensi bahaya Tsunami yang sangat tinggi. Potensi bahaya sedang berada di tepi pantai. Sedangkan potensi bahaya rendah berada di wilayah yang dekat dengan sungai. Dan potensi bahaya sangat rendah berada di wilayah yang jauh dengan pantai dan sungai.



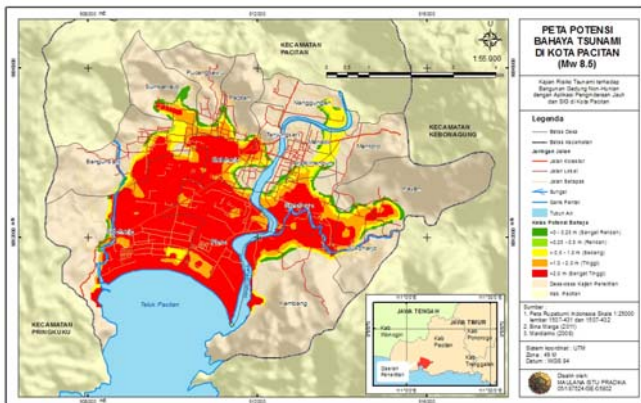
Peta Potensi Bahaya Tsunami di Pacitan (Mw 7.5)
(Mardiatno, 2008)

Potensi bahaya Tsunami di Pesisir Pacitan menggunakan magnitudo kejadian gempa (Mw) 8.0 sangat tinggi dan tinggi terdapat di dekat pantai dan dekat dengan sungai. Hal ini dikarenakan wilayah tersebut mempunyai genangan yang lebih dalam. Potensi bahaya sedang terdapat di daerah yang berupa dataran rendah dan potensi bahaya rendah dan sangat rendah berada pada daerah yang lebih tinggi.



Peta Potensi Bahaya Tsunami di Pacitan (Mw 8.0)
(Mardiatno, 2008)

Potensi bahaya Tsunami dengan magnitudo gempa (Mw) 8.5 sangat tinggi terdapat pada wilayah dataran rendah. Sedangkan untuk potensi bahaya tinggi dan sedang cenderung pada wilayah yang lebih tinggi. Potensi bahaya rendah dan sangat rendah hanya sebagian kecil yaitu di bagian utara wilayah penelitian.



Peta Potensi Bahaya Tsunami di Pacitan (Mw 8.5)
(Mardiatno, 2008)

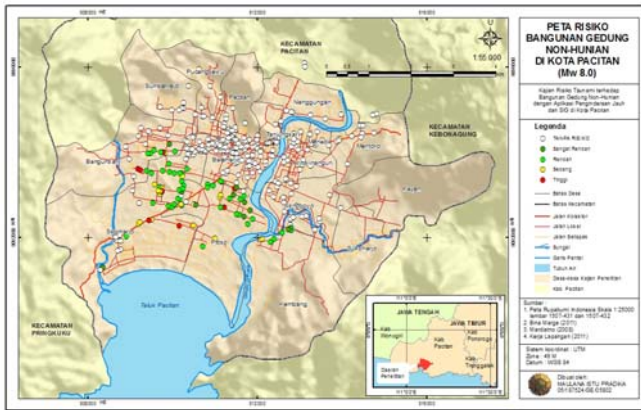
Kajian risiko merupakan fungsi dari bahaya dan kerentanan yang telah dibahas sebelumnya. Penerapan pada kasus ini adalah jika bangunan non-hunian yang ada memiliki skor 5 untuk tingkat kerentanannya namun bangunan tersebut tidak tergenangi, hal ini berarti sebenarnya tidak ada risiko. Namun jika skor total kerentanan bangunan 1 namun tergenang lebih dari 2 meter maka bangunan tersebut berisiko tinggi untuk mengalami kerusakan akibat gelombang Tsunami. Selain itu, bangunan gedung non-hunian tersebut tidak dapat digunakan sebagai lokasi evakuasi.

Semakin besar magnitudo kejadian gempa maka bangunan gedung non-hunian yang berisiko semakin banyak. Berdasarkan hasil analisis menggunakan magnitudo kejadian gempa (Mw) 7.5, sebagian besar bangunan gedung non-hunian di wilayah penelitian tidak berisiko terhadap gelombang Tsunami yaitu sebesar 92%. Sedangkan sebagian lagi mengalami risiko yang sangat rendah (2%) dan rendah (6%). Bangunan gedung-non hunian yang mengalami risiko sangat rendah dan rendah berdasarkan magnitudo Mw 7.5 ini berada di Kecamatan Ploso, Sidoharjo, dan Bangunsari. Sebagian besar bangunan gedung non-hunian berada di Kota Pacitan yang jarak dengan pantai cukup jauh.



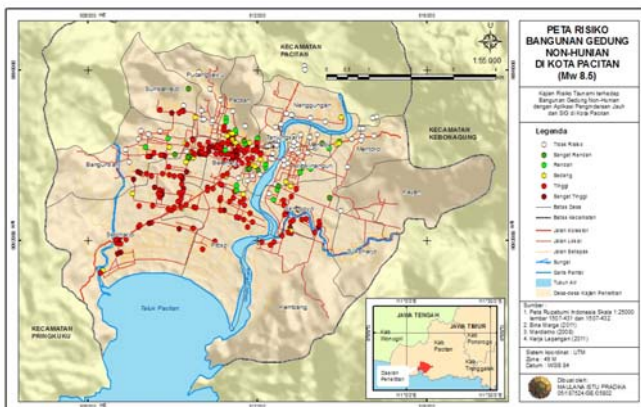
Peta Risiko Bangunan Gedung Non-Hunian di Pacitan
(Mw 7.5)

Risiko Tsunami dengan magnitudo gempa Mw 8 menyebabkan bangunan gedung non-hunian mengalami risiko tinggi sebanyak 3%, sedang 5%, rendah 13%, sangat rendah 3% serta yang tidak berisiko yaitu 76%. Desa yang bangunannya mengalami risiko Tsunami tinggi yaitu Desa Ploso, Sidoharjo, dan Bangunsari. Demikian juga dengan bangunan yang berisiko sedang, rendah, dan sangat rendah, terdapat di tiga kecamatan tersebut. Bangunan yang berisiko tinggi pada skenario ini yaitu bangunan yang tergenang dan kerentanannya tinggi.



Peta Risiko Bangunan Gedung Non-Hunian di Pacitan (Mw 8.0)

Pada skenario Mw 8.5 hanya 25% bangunan gedung non-hunian yang tidak berisiko terhadap gelombang Tsunami. Bangunan ini merupakan bangunan yang terletak sangat jauh dari pantai sehingga tidak tergenang dan kerentanannya rendah. Bangunan gedung non-hunian di hampir seluruh desa mengalami risiko tinggi yaitu sebesar 47%. Risiko sangat tinggi terhadap gelombang Tsunami yaitu sebesar 10%. Bangunan yang berisiko sedang yaitu sebesar 9%, rendah 6%, dan risiko sangat rendah yaitu 3%.



Peta Risiko Bangunan Gedung Non-Hunian di Pacitan (Mw 8.5)

Berdasarkan hasil analisis, bangunan gedung non hunian yang terdapat di Kecamatan Ploso, Sidoharjo, Bangunsari, dan Baleharjo mempunyai persentase risiko yang lebih tinggi dibandingkan daerah lainnya. Tsunami dengan skenario kejadian gempa Mw 8.5 merupakan skenario tertinggi yang dilakukan dengan

persentase risiko sangat tinggi yaitu 10% dan risiko tinggi sebesar 47%.

KESIMPULAN

1. Estimasi Tsunami berdasarkan skenario magnitudo kejadian gempa dan *run-up* dapat dilakukan dengan aplikasi SIG. Pada aplikasi SIG dilakukan perhitungan risiko Tsunami terhadap bangunan gedung non-hunian di daerah penelitian dengan menghitung skor berdasarkan nilai kerentanan dan bahaya.
2. Sebagian besar bangunan gedung non-hunian di Pesisir Pacitan mempunyai kerentanan yang tinggi untuk mengalami kerusakan akibat gelombang Tsunami. Kerentanan bangunan gedung non-hunian di daerah penelitian memiliki potensi indeks tinggi dikarenakan nilai indeks jenis pembukaan lantai, tingkat bangunan, dan orientasi bangunan terhadap garis pantai yang tinggi. Sedangkan jenis material bangunan gedung non-hunian di daerah penelitian memiliki nilai yang rendah karena menggunakan jenis material baja atau beton bertulang. Distribusi kerentanan bangunan gedung non-hunian yang terdapat di Pesisir Pacitan 1% mempunyai kerentanan sangat tinggi, 72% mempunyai kerentanan tinggi, 11% mempunyai kerentanan sedang, dan 16% mempunyai kerentanan rendah.
3. Risiko tertinggi terjadi jika magnitudo kejadian gempa (Mw) 8.5 dengan bangunan gedung non-hunian yang berisiko tinggi sebesar 47% dan risiko sangat tinggi sebesar 10%. Daerah yang bangunan non-huniannya memiliki risiko tertinggi berupa dataran rendah yaitu Kecamatan Ploso, Sidoharjo, Bangunsari, dan Baleharjo.

DAFTAR PUSTAKA

Carpenter, G. (2005). *Tsunami: Indian Ocean Event and Investigation into Potential Global Risks*. London: Guy Carpenter & Company Ltd.

- CDIT. (2007). Tsunami : Upaya Menyelamatkan Diri dari Tsunami. ____: Coastal Development Institute of Technology.
- CRATER. (2005). *Risk Assessment and Evaluation ArcGIS toolbox; User's Manual*. Thailand: Asian Disaster Preparedness Center (ADPC).
- Diposaptono, S., & Budiman. (2008). Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami. Bogor : Penerbit Buku Ilmiah Populer.
- Mardiatno, D., Sunarto, Rahayu, L., Stotter, J. (2007). Misconception of Run-Up Definition and Its Implication to Tsunami Risk Assessment A Case to Study in Coastal Area Pacitan, Indonesia. *Indonesian Journal of Geography*, Vol 39, No.2, 177.
- Mardiatno, D. (2008). Tsunami Risk Assessment Using Scenario-Based Approach, Geomorphological Analysis and Geographic Information System A Case Study in South Coastal Areas of Java Island-Indonesia. *Disertasi*. Innsbruck: Faculty of Geo-And Atmospheric Sciences of the University of Innsbruck
- Natawijaya, D.H. (2007). *Tectonik Setting dan Pemodelan Sumber Gempa dan Tsunami*. Diakses September 2007 dari http://pirba.ristek.go.id/str/DannyHilman_RIST_EK_20Aug2007_C
- Pararas-Carayannis, G. (2000). Tsunami: Forecasting, Preparedness and Warning. *Fifteenth Conference on Broadcast Meteorology of the American Meteorological Society*. Honolulu, Hawaii. Diakses September 2007 <http://www.drgeorgepc.com/TsunamiForecasting.html>.
- Putra, R. (2008). Kajian Risiko Tsunami terhadap Bangunan Gedung Non-hunian dengan Skenario Variasi Ketinggian Run-up pada Garis Pantai (Studi Kasus Kota Banda Aceh, Indonesia). *Tesis*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Sekarsih, F. N. (2008). Kajian Risiko Tsunami terhadap Pertanian Padi dengan Aplikasi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografi di Pesisir Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Skripsi*. Yogyakarta: Fakultas Geografi UGM.
- Sutanto. (1986). Penginderaan Jauh (Jilid 1). Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.
- Theilen-Willige, B. (2006). Tsunami Risk Site Detection in Greece Based on Remote Sensing and GIS Methods. *Science of Tsunami Hazard*, Vol. 24, No. 1, 35-48.